

**FACULDADE PATOS DE MINAS  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**WASHINGTON LUIS THIAGO**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE  
UTILIZAÇÃO DE GERADOR À DIESEL EM HORÁRIO  
DE PONTA**

**PATOS DE MINAS  
2017**

**WASHINGTON LUIS THIAGO**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE  
UTILIZAÇÃO DE GERADOR À DIESEL EM HORÁRIO  
DE PONTA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade Patos de Minas  
como requisito para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof.<sup>o</sup>. Me. Guilherme Thyago  
de Sousa Fernandes

**PATOS DE MINAS  
2017**

Candidato:  
WASHINGTON LUIS THIAGO

Título: Viabilidade técnica e econômica de utilização de gerador à diesel em horário de ponta

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Patos de Minas como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica –  
FACULDADE PATOS DE MINAS

Data: 08 de Novembro de 2017.

---

Prof.º  
Orientador

---

Prof.º  
Examinador

---

Prof.º  
Examinador

Aprovado ( )

Reprovado ( )

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço à Deus, pela minha vida, minha família, meus amigos, pela minha fé.

Aos meus pais Sebastião e Vanda, aos meus irmãos Wellington e Carlúcia pelo apoio incondicional, por estarem ao meu lado em todos os momentos, por acreditarem e confiarem em mim, por incentivarem a ser cada dia uma pessoa melhor.

Aos meus professores e meu orientador Prof. Me. Guilherme Thyago de Sousa Fernandes, pela paciência, disponibilidade e dedicação. Sem o apoio destes, o estudo aqui apresentado não seria possível.

Aos meus companheiros de curso, pela parceria nesta longa jornada, pelo apoio e por nunca terem me deixado desistir.

À todos os meus amigos, pois sem estes, a vida teria menos graça.

À todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para que este sonho se concretizasse.

“Procure ser um homem de valor, em vez ser um homem de sucesso”  
Albert Einstein

THIAGO, Washington Luis. **VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UTILIZAÇÃO DE GERADOR À DIESEL EM HORÁRIO DE PONTA**. 2017. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade Patos de Minas, Patos de Minas, 2017.

ESTÁ AUTORIZADA INTEGRAL OU PARCIALMENTE A REPRODUÇÃO DESTE TRABALHO, PARA FINS DE ESTUDO E/OU PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Washington Luis Thiago<sup>1</sup>

Guilherme Thyago de Sousa Fernandes<sup>2</sup>

## RESUMO

O consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo muito em todos os setores (residencial, comercial, industrial e outros), motivado principalmente por novas tecnologias e pela facilidade de crédito. O presente estudo apresentará sobre a viabilidade técnica e econômica de gerador a diesel em horário de ponta, assim como um estudo de caso com o objetivo de esclarecer após uma análise econômica a viabilidade de se implantar um gerador a diesel em seu empreendimento. Preocupados com um aumento significativo em sua conta de energia elétrica, alguns consumidores foram forçados a procurar alternativas para que seus resultados não fossem afetados. A utilização de um gerador à diesel no horário de ponta é uma alternativa relativamente simples e econômica, que vem sendo amplamente empregada por alguns consumidores industriais, comerciais e de serviços. Dessa maneira o objetivo foi averiguar técnica e economicamente a importância de se implantar um gerador a diesel como fonte de energia alternativa. A metodologia adotada consistiu-se na revisão literária, de forma qualitativa, de variadas obras científicas sobre motor-geradores. Concluiu-se que os geradores a diesel atendem tecnicamente e economicamente a determinada carga.

**Palavras-chave:** Energia alternativa. Grupos geradores. Geração distribuída.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica – FPM, 2017 – [Washington.th2011@hotmail.com](mailto:Washington.th2011@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Eletricista, Mestre. Professor e Coordenador da FPM – [coordeletrica@faculdadepatosdeminas.com.br](mailto:coordeletrica@faculdadepatosdeminas.com.br)

## **ABSTRACT**

The electric energy consumption in Brazil has increasing strongly in all sectors of society (residential, commercial, industrial and others), motivated mainly by new technologies and by easy credit on the market. The present study will show the technical and economic viability of the diesel generator at peak hours, also a case study with the objective of clarifying, after an economic analysis the feasibility of implanting a diesel generator at your enterprise. Concerned with a significant increase in their electricity bill, some energy consumers were forced to go after alternatives so that their results/rates would not be affected. The use of a diesel generator at peak times is a fairly simple and economical alternative that has been widely used by some industrial, commercial and service sector customers. Therefore, the objective was to determine technically and economically the importance of implementing a diesel generator as an energy source alternative. The methodology adopted consisted of a writing form revision, in a qualitative approach, based on several scientific works on motor-generators. The conclusion reached is that diesel generators are technically and economically viable to a certain energy load demand.

**Keywords:** Alternative energy, Generator sets, Distributed generation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Grupo Motor-Gerador.....	12
Figura 2	Alternador (Parte que produz a energia elétrica) .....	12
Figura 3	Triângulo das potências.....	14
Figura 4	Geração distribuída – Metodologia operacional .....	23
Figura 5	Exemplo de como a geração distribuída pode minimizar problemas de interrupções de fornecimento de energia elétrica devido a acidentes naturais.....	25
Figura 6	Chave reversora de três posições .....	30
Figura 7	Transferência com rampa de carga – Grupo gerador de emergência .....	31
Figura 8	Transferência com rampa de carga – Grupo gerador no horário de ponta .....	32
Figura 9	Perfil de Consumo – Supermercado .....	36
Figura 10	Perfil de carga – Supermercado .....	36
Figura 11	Esquemático Únifilar – Grupo Gerador 325/360 KVA	38



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Bandejas tarifárias – Cemig .....	18
Quadro 2	Modalidade tarifária horo-sazonal – Azul .....	21
Quadro 3	Modalidade tarifária horo-sazonal – Verde .....	21
Quadro 4	Tarifas aplicadas Subgrupo A4 – Cemig .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Subdivisões Cemig – Grupo A .....	19
Tabela 2	Subdivisões Cemig – Grupo B .....	20
Tabela 3	Diesel – Tabela de preços – Minas Gerais – Últimas 4 semanas ....	37
Tabela 4	Cálculo de conta de energia elétrica – THS – Azul – sem geração na ponta .....	40
Tabela 5	Cálculo conta de energia elétrica – THS – Verde – sem geração na ponta .....	41
Tabela 6	Cálculo conta de energia – THS – Azul – com geração na ponta	43
Tabela 7	Cálculo conta de energia – THS – Verde – com geração na ponta	43
Tabela 8	Comparação – THS – Azul e Verde – Sem geração e Com geração.....	43
Tabela 9	Comparação – Opções de geração na ponta.....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
AT	Alta tensão
BT	Baixa tensão
ca	Corrente Alternada
cc	Corrente contínua
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
Fem	Força Eletromotriz
FP	Fator de potência
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
ONS	Operador Nacional do Sistema
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
QTA	Quadro de Transferência Automática
SIN	Sistema Interligado Nacional
SOP	Sistema de Operação em Paralelo
TC	Transformador de Corrente
THS	Tarifa horo-sazonal
TP	Transformador de Potencial
USCA	Unidade de Supervisão de Corrente Alternada

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampere
CV	cavalo vapor
h	hora
GWh	gigawatt-hora
HP	horse power
Hz	hertz
J	joule
KA	quilo-Ampere
KV	quilovolt
KVA	quilovolt-Ampere
KVAr	quilovolt-Ampere-reativo
KW	quilowatt
KWh	quilowatt-hora
l/h	litro por hora
m	metro
MW	megawatt
MWh	megawatt-hora
N	Newton
rpm	rotações por minuto
s	segundo
V	Volt
W	Watt

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	08
2	DEFINIÇÃO DE GERADOR, ENERGIA, POTÊNCIA, E FATOR DE POTÊNCIA.....	11
2.1	GERADOR .....	11
2.2	ENERGIA .....	12
2.3	POTÊNCIA ATIVA .....	13
2.4	POTÊNCIA REATIVA .....	13
2.5	POTÊNCIA APARENTE .....	14
2.6	FATOR DE POTÊNCIA .....	14
2.7	DEMANDA E CONSUMO .....	15
2.8	HORÁRIO DE PONTA E HORÁRIO FORA DE PONTA .....	16
2.9	HORÁRIO DE VERÃO .....	16
2.10	BANDEIRAS TARIFÁRIAS .....	17
2.11	SISTEMA DE TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	19
2.12	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA .....	22
2.13	GERAÇÃO A DIESEL NO HORÁRIO DE PONTA .....	25
2.14	CHAVES DE TRANSFERÊNCIA .....	29
2.15	TRANSFERÊNCIA ABERTA E TRANSFERÊNCIA FECHADA .....	30
2.16	TRANSFERÊNCIA COM RAMPA DE CARGA .....	31
2.17	CONVERSÃO ELETROMECÂNICA DE ENERGIA .....	32
2.18	MAQUINAS ELÉTRICAS .....	33
2.19	MAQUINAS SÍNCRONAS .....	34
3	ESTUDO DE CASO .....	35
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO ALVO DO ESTUDO DE CASO .....	35
3.2	EXECUÇÃO DO ESTUDO DE VIABILIDADE.....	39
3.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	44
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
	REFERÊNCIAS.....	47

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo muito nos últimos anos, devido não apenas as novas tecnologias e novos equipamentos, mas também pela facilidade de crédito. Conforme a análise realizada pela empresa de pesquisa energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia, ainda com a desaceleração da economia no cenário atual do país, o índice de consumo de energia elétrica no Brasil é de crescimento para os próximos anos, é previsto um crescimento em todas as regiões e em todos os setores (residencial, comercial, industrial e outros) (TOLMASQUIM et al., 2015).

Os brasileiros foram obrigados a reduzir o seu consumo de energia e buscar novos hábitos para garantir que sua conta não sofra um aumento expressivo. Alguns tipos de consumidores como a indústria, o comércio e setores de serviços não podem simplesmente diminuir o seu consumo de energia, e para o seu fornecimento não sofrer um aumento expressivo na conta de energia elétrica, uma opção que vem sendo muito utilizada é a aquisição de grupos motor-geradores à diesel, pois podem ser usados como uma fonte de energia alternativa tanto para o horário de ponta quanto para emergência, no caso de falta de energia elétrica pela rede da concessionária (SILVA et al, 2012).

O presente estudo apresentará o que é um gerador, sua estrutura, funcionamento, comportamento e também um estudo de caso com o objetivo de esclarecer ao consumidor após uma análise econômica, a viabilidade de se implantar um grupo motor-gerador à diesel em seu empreendimento.

Partiu-se da seguinte problematização, diante da atual evolução tecnológica dos equipamentos, de uma demanda cada vez maior de energia e ao mesmo tempo vivendo uma crise energética em nosso país por falta de chuvas, as empresas estão se preocupando em ter outra fonte de energia para manter seus aparelhos funcionando com segurança, e o grupo motor-gerador é uma forma confiável quando há uma falha no fornecimento de energia pela concessionária. Enfim, hoje é viável para esses consumidores ter um gerador?

Objetivou-se de forma geral, apresentar as principais relevâncias de grupos motor-geradores à diesel em horário de ponta e averiguar a viabilidade técnica e econômica para suprir suas necessidades, buscando qual o melhor gerador a ser

implantado em uma rede de supermercados considerando sua demanda e consumo tarifário em horário de ponta. Especificamente objetivou-se: apresentar a importância de se implantar uma fonte de energia alternativa; mostrar as vantagens e desvantagens da implantação do grupo motor-gerador; Mostrar os resultados econômicos do grupo motor-gerador para suprimento de uma determinada carga.

Justificou-se tal pesquisa por perceber que muitas empresas necessitam de alguma energia alternativa, mas ainda têm muitas dúvidas sobre elas, este estudo pretende esclarecer por meio de análise de viabilidade técnica e econômica a implantação de um grupo motor-gerador (GMG) à diesel como fonte de energia alternativa para suprimento de uma determinada carga.

A metodologia adotada consistiu na revisão literária, de forma qualitativa conforme sugere Gil (2010), de variadas obras científicas sobre motor-geradores à diesel em horário de ponta e sua viabilidade técnica e econômica. Tais como textos, artigos, livros, revistas, monografias, dissertações e teses. As fontes de pesquisas foram adquiridas por meio de empréstimos em bibliotecas, bancos de dados em sites da internet como Scielo, Google, revistas periódicas, entre outros. As palavras chaves utilizadas foram: Energia alternativa. Grupos geradores. Geração distribuída. O período da pesquisa foi de fevereiro de 2017 e outubro de 2017.

O presente trabalho tem como finalidade, auxiliar numa melhor visão a respeito dos geradores e também esclarecer porque o investimento em um grupo motor-gerador é economicamente viável. Em um supermercado existem vários equipamentos elétricos e eletrônicos que demandam de muita energia elétrica, principalmente no horário de ponta, tornando o valor de sua fatura muito elevado, e em caso de falhas de energia da concessionária durante o horário de não funcionamento, o prejuízo em relação a perda de equipamentos e produtos são maiores do que o investimento em uma energia alternativa.

O presente estudo é apresentado em 4 capítulos, sendo o primeiro, a utilização e a história dos geradores à diesel. No segundo capítulo, foi colocado um referencial teórico provendo uma base literária para a presente pesquisa, com os principais tópicos para o desenvolvimento deste trabalho.

O terceiro capítulo apresenta etapas de realização, utilizando o perfil de um empreendimento para realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica com a finalidade de calcular o investimento e o período de amortização num sistema de geração de energia alternativa no horário de ponta.

O quarto capítulo, finaliza o trabalho com os resultados e conclusões da presente pesquisa, apresentando as vantagens alcançadas ao final da proposta.

## 2 DEFINIÇÃO DE GERADOR, ENERGIA, POTÊNCIA, E FATOR DE POTÊNCIA

### 2.1 Gerador

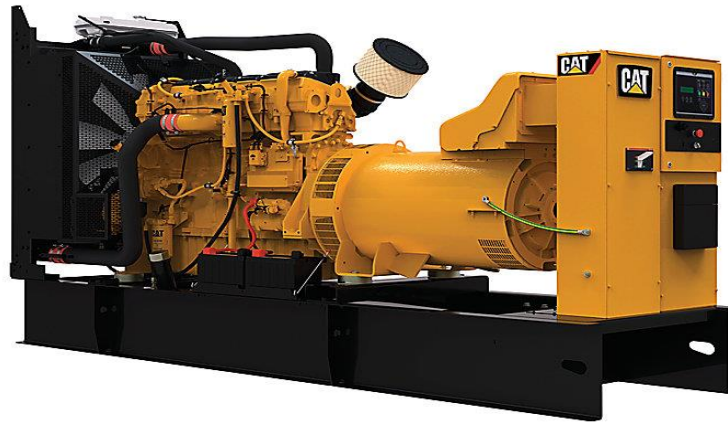
Em 1830, a única fonte de energia elétrica conhecida eram as pilhas e baterias, que transformavam energia química em energia elétrica. Em 1831, o inglês Michael Faraday, inventou um sistema capaz de produzir energia elétrica a partir de energia mecânica, criando assim um dispositivo gerador de energia. O gerador de Michael Faraday consistia em um disco de cobre que circulava no campo magnético formado pelos polos de um ímã e produzia uma corrente elétrica contínua (TECNOGERA, 2014).

O gerador é um equipamento que transforma a energia mecânica em energia elétrica. O primeiro modelo de motor a diesel que funcionou perfeitamente e com eficiência foi na data de 10 de agosto de 1893 por Rudolf Diesel, na Alemanha. Esta descoberta foi fundamental para o desenvolvimento de novas tecnologias, e graças ao empenho, comprometimento, trabalho e dedicação de cada um desses estudiosos, hoje a energia gerada é de boa qualidade.

Esta descoberta foi fundamental para o crescimento e desenvolvimento da energia elétrica, pois foi a primeira etapa para o surgimento dos primeiros geradores que foram evoluindo e se aperfeiçoando sendo agrupada a novas tecnologias com o passar dos anos. Na figura 1, ilustrada abaixo, temos a imagem de um motor-gerador, onde o motor é a parte mecânica, e o gerador a parte que gera a energia elétrica, e pode ser melhor visualizado na figura 2. (A GERADORA, 2015).



Figura 1 – Grupo motor-gerador



Fonte: (Cat, 2017)

Figura 2 – Alternador (Parte que produz a energia elétrica)



Fonte: (Cat, 2017)

## 2.2 Energia

A energia existe em grande quantidade no universo e não pode ser criada, consumida ou extinta, não aumenta ou diminui, ela se transforma ou é transmitida de formas ou modos diferentes. A energia define-se por capacidade dos corpos para produzir um trabalho ou desenvolver uma força, ela é tudo que produz ação,

podendo tomar as mais diferentes formas: energia elétrica, térmica, mecânica, química magnética e nuclear (ELETROBRAS, 2016).

Os grandes estudiosos definem energia como a quantidade de trabalho que o sistema pode fornecer. Em cada processo de conversão de energia, uma pequena parte da energia da fonte é dissipada na forma de calor (energia térmica), causada em função dos atritos mecânicos, engrenagens ou moléculas de ar de determinadas máquinas conversoras. A relação entre a energia da fonte que entra e sai do sistema é chamada de rendimento. A unidade de energia no sistema internacional de unidades é o joule (J), utilizado comumente a unidade quilowatt x hora ou (KWh) para medir o consumo de energia elétrica (TECNOGERA, 2016).

### **2.3 Potência Ativa**

Potência ativa é a quantidade de energia transferida por unidade de tempo, é a energia que realiza o trabalho útil e está relacionada à geração de calor, movimento ou luz. Basicamente pode ser considerada como a média da potência elétrica gerada por um único dispositivo com dois terminais. É o resultado do gasto energético após o início de cada processo de transmissão de energia. A potência ativa pode ser medida em watts (W) ou quilowatts (KW) por meios de aparelhos exclusivos para essas medições como o quilo wattímetro por exemplo. No sistema internacional, a unidade adotada é o Watt (W), que corresponde a Joule por segundo (J/s), ou também a unidade quilowatt (KW) (DEL TORO, 2013).

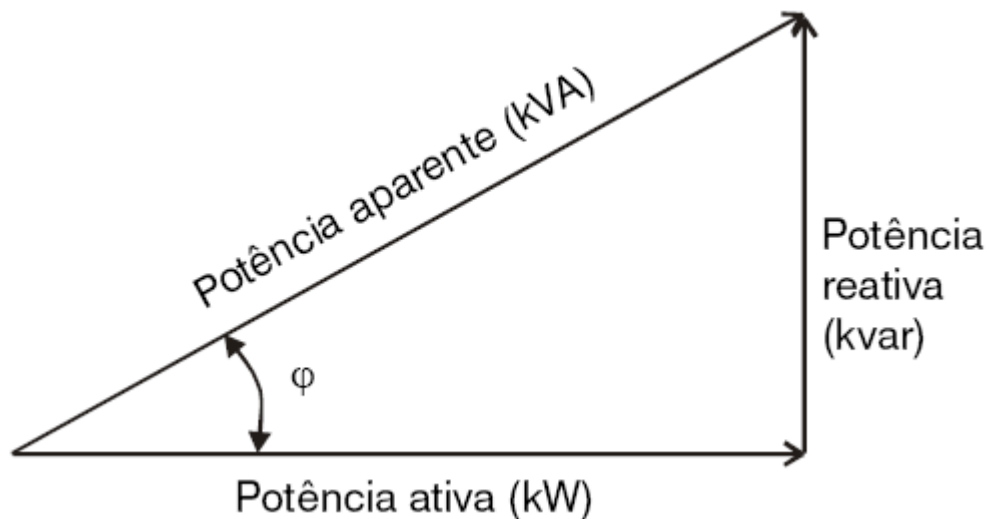
### **2.4 Potência Reativa**

A potência reativa é aquela que não produz trabalho útil, e usada basicamente para carga nos capacitores e para produção de campo magnético nas bobinas dos motores e transformadores. Isso significa que essa energia não é a que liga os equipamentos elétricos e eletrônicos, mas ela funciona entre o gerador e a carga em si, sendo responsável por manter o campo eletromagnético ativo em motores, transformadores, reatores, lâmpadas fluorescentes, etc. A unidade utilizada para medir a potência reativa é o Volt-Ampere reativo (Var), ou quilovolt-ampere-reativo (KVAr) (MAMEDE FILHO, 2012).

## 2.5 Potência Aparente

A soma entre a potência ativa e a reativa gera a potência aparente, e tem como unidade de medida em Volt-Ampere (VA), ou quilovolts-ampères (KVA). É por meio deste valor que é feito o dimensionamento dos cabos e proteções do sistema ou seja, através desta medição é possível indicar se a energia consumida é satisfatória para o abastecimento elétrico, e assim avaliar se há necessidade de melhorias no fornecimento (TECNOGERA, 2014).

Figura 3 - Triângulo das Potências



Fonte: ENGELÉTRICA, (2016)

## 2.6 Fator de Potência

O fator de potência pode ser definido matematicamente como a relação entre o componente ativo da potência e o valor total desta mesma potência, ou seja, entre a potência ativa e a aparente, e indica a porcentagem de energia total fornecida e efetivamente aproveitada.

Um baixo fator de potência adverte baixa eficiência energética, está indicando que há uma alta ocorrência de potência reativa. Para se prevenir contra esses acontecimentos, as concessionárias estabelecem aos consumidores um fator de reterência de no mínimo 0,92 (de acordo com a legislação atual – ANEEL). O fator de potência deve ser controlado de forma que permaneça dentro do limite de 0,92

indutivo e 0,92 capacitivo durante as 24 horas, e quando se mostra inferior à este valor, é cobrado uma multa pela concessionária pelo excesso de potência reativa e perturbações técnicas na rede (ROCHA, 2011).

Um recurso utilizado para a correção do fator de potência é a utilização de bancos de capacitores automáticos, pois além de melhorar a eficiência do sistema elétrico reduz as perdas por efeito joule, conseqüentemente aumentando a vida útil das instalações e equipamentos, evitando assim, cobrança de multas (ENGELETRICA, 2016).

## **2.7 Demanda e Consumo**

O sistema elétrico brasileiro é formado por uma malha de distribuição composta por redes e subestações da concessionária é responsável por alimentar toda a variedade de cargas dos consumidores como motores, transformadores, inversores, aparelhos elétricos, sistema de iluminação etc. (CEMIG, 1994).

Para um planejamento correto deste sistema o bom atendimento para a capacidade de carga, é imprescindível conhecer o limite máximo de utilização que lhe será solicitado, por meio da somatória da potência de todos os equipamentos ligados em um dado momento de uma unidade consumidora, obtém-se tal valor.

Este somatório das cargas instaladas atuando simultaneamente expresso em quilowatts (KW), é denominado demanda e representa a capacidade máxima exigida do sistema elétrico em um determinado momento. (ROCHA, 2011).

A demanda contratada corresponde à demanda de potência ativa que a concessionária deve disponibilizar no ponto de entrega ao cliente, conforme o contrato de fornecimento e deve ser paga integralmente, independentemente se utilizada ou não.

O consumo é a energia consumida em um determinado intervalo de tempo, medido em quilowatts x hora (KWh), ou seja, é a soma das potências de todos os equipamentos ligados no período de tempo em que permaneceram ligados (COPEL, 2016).

## 2.8 Horário de Ponta e Horário fora de Ponta

O horário de ponta corresponde a um período de 3 horas consecutivas durante o dia no qual o consumo de energia geralmente é maior, neste período uma grande quantidade de carga estão funcionando ao mesmo tempo, como as fabricas, a iluminação residencial, a iluminação pública, chuveiros e muitos outros aparelhos elétricos e eletrônicos. Visando garantir o equilíbrio entre oferta e a demanda de energia e incentivar a diminuição no consumo, durante este intervalo de horas em algumas regiões do Brasil, as concessionárias de energia são autorizadas a cobrar tarifas mais elevadas (ROCHA, 2011).

O horário de ponta adotado pela concessionaria Cemig é das 17h00 minutos às 20h00 minutos.

O horário fora de ponta corresponde as 21 horas diárias que complementam o horário de ponta, incluindo os sábados e domingos. O horário fora de ponta se divide em dois períodos, capacitivo e indutivo. O capacitivo entre 23h30min às 06h30min; e o indutivo entre 06h30min às 00h30minutos (CEMIG, 2016).

## 2.9 Horário de verão

Durante o período chuvoso que compreende-se de dezembro de um ano até abril do ano seguinte, é determinado por decretos governamentais o horário de verão, em que os relógios são adiantados em uma hora. Por motivos de problemas envolvidos na alteração de aparelhos de medição e controle operacional automáticos em clientes (controles de geradores, bancos de capacitores e aparelhos de demanda geral), sempre que o horário de verão é estabelecido, o horário de ponta é alterado e passa a ser das 18h30min às 21h30min, o que altera durante esse horário o Contrato de Fornecimento de Energia Elétrica, e por consequência o horário de ponta e fora de ponta (capacitivo e indutivo) (PENA, 2017).

O horário de verão além de auxiliar na redução do consumo de energia elétrica, também auxilia os consumidores que se enquadram nas tarifas horosazonais, onde contém uma demanda e consumo de valor mais elevados neste período (ANEEL, 2016).

## 2.10 Bandeiras Tarifárias

Diante da crise energética que está vivenciando o Brasil nos últimos anos motivada principalmente pela falta de chuvas e mudanças climáticas, as concessionárias foram obrigadas a recorrer as usinas termoelétricas para suprir o fornecimento de energia elétrica aos consumidores. Conforme já citado anteriormente, este tipo de geração de energia tem o preço mais elevado, assim sendo, para repassar esses custos ao consumidor as concessionárias foram autorizadas pela ANEEL a utilizar o sistema de bandeiras tarifárias a partir de janeiro de 2015.

As bandeiras tarifárias são uma forma diferente de apresentar um custo que hoje já está na conta de energia, mas geralmente não é percebido pelo consumidor, anteriormente os custos com compras de energia pelas distribuidoras eram incluídos no cálculo das tarifas dessas distribuidoras e repassados aos consumidores até um ano após sua ocorrência, quando a tarifa era reajustada.

O sistemas de bandeiras tarifárias é baseado na utilização de bandeiras verde, amarela ou vermelha, indicando se a energia custará mais ou menos de acordo com as informações apresentadas pelo ONS – Operador Nacional do Sistema, de acordo com as condições de geração de energia elétrica do país. O quadro 2.1 a seguir, ilustra o sistema de bandeiras tarifárias com os valores adicionais a serem cobrados (GARCIA, 2015).

Quadro 1 – Bandeiras Tarifárias - Cemig

BANDEIRAS	CONDIÇÕES DE GERAÇÃO
<b>Bandeira Verde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Condições favoráveis de geração de energia.</b></li> <li>- A tarifa não sofre nenhum acréscimo.</li> </ul>
<b>Bandeira Amarela</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Condições de geração menos favoráveis.</b></li> <li>- A tarifa sofrerá acréscimo de R\$0,020 a cada kWh consumido</li> </ul>
<b>Bandeira Vermelha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Condições mais caras de geração.</b></li> <li><b>Patamar 01</b></li> <li>- Condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido.</li> <li><b>Patamar 02</b></li> <li>- A tarifa sofrerá acréscimo de R\$0,035 a cada kWh consumido (valor informado sem cálculo de impostos).</li> </ul>

Fonte: CEMIG (2017)

Com as bandeiras, a sinalização mensal do custo de geração da energia elétrica que é cobrado do consumidor, passa a constar nas faturas, com acréscimo já no mês da ocorrência do custo adicional com a compra de energia.

Portanto, o sistema funciona como um “semáforo” que indica a diferença de custo de geração de energia para os consumidores.

No último dia 30 de julho de 2017, foi divulgada oficialmente pela Aneel, a bandeira à ser cobrada para o mês de agosto de 2017, havendo uma mudança na

cor da bandeira, passando da cor amarela cobrado no mês de julho, para a cor vermelha à ser cobrado no mês de agosto (ANEEL, 2017).

Com esta mudança de cor nas bandeiras tarifárias, consideraremos para a elaboração deste trabalho a bandeira de cor vermelha para o Estudo de Caso.

## 2.11 Sistema de tarifação de energia elétrica

Para o presente trabalho, será usado como referência as informações disponibilizadas pela CEMIG (Companhia energética de Minas Gerais), concessionária responsável por atender a demanda de energia elétrica no estado de Minas Gerais.

O serviço de Energia Elétrica é essencial no dia a dia da sociedade, seja nas residências ou nos diversos segmentos de economia. Para o uso desse bem é necessária a aplicação de tarifas que remunerem o serviço de forma adequada, que viabilize a estrutura para manter o serviço com qualidade. Seguindo tais preceitos, a Aneel desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado.

Com informações do site da concessionária, os consumidores podem ser divididos em dois grupos de acordo com os níveis de fornecimento: o Grupo A (alta e média tensão) e Grupo B (baixa tensão).

As subdivisões destes grupos podem ser vistas nas tabelas 2.1 e Tabela 2.2, e cada subgrupo tem seu próprio valor definido de tarifa:

Tabela 1 – Subdivisões Cemig – Grupo A

Alta Tensão – 88 KV ou mais	A1	230 KV ou mais
	A2	88 KV a 138 KV
Média Tensão – 2,3 KV até 69 KV	A3	69 KV
	A3a	30 KV a 44 KV
	A4	2,3 KV a 25 KV
	AS	Baixa Tensão

Fonte: CEMIG, (2017)



Tabela 2 – Subdivisões Cemig – Grupo B

Baixa Tensão – inferior a 2,3 KV	B1	Residencial
	B2	Rural
	B3	Demais Classes
	B4	Iluminação Pública

Fonte: CEMIG, (2017)

Para o Grupo A, o faturamento é feito de diferentes formas, sendo baseado na aplicação de uma tarifa a qual leva em consideração duas grandezas: consumo (KWh) e demanda; existindo dois modelos de tarifação: Convencional e Horosazonal.

Na modalidade convencional, o faturamento é calculado de acordo como o consumo verificado em um período aproximado de 30 dias, é aplicada ao maior valor entre os seguintes valores: demanda contratada, a qual corresponde à carga máxima solicitada pelo sistema, no intervalo de 15 minutos, ou demanda registrada (carga máxima a ser solicitada, no intervalo de 15 minutos consecutivos, verificado no período de faturamento) (ROCHA, 2011).

Com informações ainda não divulgadas, e não confirmadas oficialmente pela concessionária Cemig, a modalidade convencional provavelmente deixará de existir a partir de setembro de 2018.

Para a modalidade horo-sazonal Azul, o faturamento é calculado utilizando como base a tabela verificada no Quadro 2; levando em consideração consumo e demanda distintos no horário de ponta, no horário fora de ponta.

Quadro 2 – Modalidade Tarifa horo-sazonal - Azul

<b>Horários do dia</b>	Faturamento de Maio a Novembro (Período Seco)	Faturamento de Dezembro a Abril (Período Úmido)
<b>Ponta – 3 horas (17h00min às 20h00min)</b>	Consumo – ponta seca Demanda – ponta seca	Consumo – ponta úmida Demanda – ponta úmida
<b>Fora de ponta (21h restantes)</b>	Consumo fora de ponta seca Demanda fora de ponta seca	Consumo fora de ponta úmida Demanda fora de ponta úmida

Fonte: CEMIG, (2017)

Para a modalidade tarifária horo-sazonal verde, o faturamento considera uma demanda única, diferenciando apenas o consumo no horário de ponta e horário fora de ponta, conforme pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3 – Modalidade Tarifa horo-sazonal - Verde

<b>Horários do dia</b>	Faturamento de Maio a Novembro (Período Seco)	Faturamento de Dezembro a Abril (Período Úmido)
<b>Ponta – 3 horas (17h00min às 20h00min)</b>	Consumo – ponta seca	Consumo – ponta úmida
<b>Fora de ponta (21h restantes)</b>	Consumo fora de ponta seca	Consumo fora de ponta úmida
<b>Todo o dia (24 horas)</b>	Demanda única	Demanda única

Fonte: CEMIG, (2017)

O enquadramento tarifário é feito de acordo com a legislação, carga instalada, tensão de fornecimento, classe de consumo da unidade e da região em que o consumidor está localizado.

Para o Grupo B, o faturamento é feito considerando apenas o consumo (KWh); ou seja, a energia consumida num intervalo de tempo (CEMIG, 2016).

## **2.12 Geração Distribuída**

A geração de energia elétrica é a transformação de algum tipo de energia em energia elétrica. Este processo abrange duas etapas: na primeira; uma máquina primária transforma algum tipo de energia, geralmente hidráulica ou térmica, em energia cinética de rotação; na segunda etapa, um gerador elétrico acoplado à máquina primária transforma a energia cinética de rotação em energia elétrica. Este processo pode ser observado em uma usina hidrelétrica, onde uma turbina hidráulica transforma a energia potencial da queda de água em energia cinética de rotação, que é transferida para o eixo acoplado a um gerador (QUEIROZ, 2017).

O conceito de geração distribuída caracteriza-se como produção de eletricidade descentralizada, anexa ao consumidor, sem a necessidade da construção de subestações, grandes usinas geradoras, extensas linhas de transmissão e nem de complexos sistemas de distribuição; reduzindo as perdas elétricas, melhorando a estabilidade e a qualidade do fornecimento.

Na figura 4 pode se verificar um exemplo de metodologia operacional de geração distribuída, ilustrando o modelo de geração convencional, este sistema é dependente de longas linhas de transmissão e distribuição: e também considerando geração distribuída, onde alguns custos de alcance das linhas de transmissão podem ser evitados por haver um foco de geração de energia mais próximo do consumidor final (CEMIG, 2016).

A figura a seguir mostra a metodologia operacional convencional.

Figura 4 – Geração distribuída – metodologia operacional convencional



Fonte: ITAIPU, (2017)

A geração distribuída era estritamente utilizada no início do século, até a década de 40; quando a geração centralizada se revelou mais viável através da construção de usinas de grande porte. No Brasil, em 17 de abril de 2012 entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, sendo possível que o consumidor gere sua própria energia elétrica, podendo também fornecer o excedente para a rede de distribuição a título de empréstimo à distribuidora local.

A geração distribuída é uma expressão utilizada para indicar a geração de energia elétrica junto ou próximo do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia ou fonte de energia. Estão contidos na geração distribuída:

Co-geradores, geradores que utilizam como fonte de energia resíduos combustíveis de processo, geradores eólicos, geradores de

emergência, geradores para operação no horário de ponta, painéis fotovoltaicos, pequenas centrais hidrelétricas.

Conforme a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o excedente pode ser fornecido para a rede de distribuição local e as excitações e estímulos à geração distribuída se justificam pelos bons benefícios ao sistema elétrico; tais como:

Baixo impacto ambiental, redução no carregamento das redes, adiantamento de investimentos em ampliação dos sistemas de distribuição e transmissão, diminuição das perdas de energia elétrica.  
(ARAUJO, et al., 2017).

A geração distribuída representa uma grande possibilidade para colaborar com redução da curva de carga, reduzindo o consumo em horário de ponta, além de uma redução da necessidade de grandes investimentos em geração, transmissão e distribuição no SIN (Sistema Interligado Nacional). A confiabilidade é também um ponto positivo para a geração distribuída, aperfeiçoando e melhorando a qualidade do fornecimento sem interrupções, ou seja, a geração distribuída pode colaborar significativamente para melhorar a qualidade de energia em áreas difíceis, congestionadas, no final de linha de trechos extensos e em locais onde tem necessidade de alta qualidade de energia. Localizando a geração em locais mais próximos ao consumidor, evita-se os longos períodos sem fornecimento por interrupções devido acidentes naturais nas longas linhas de transmissão e distribuição, conforme a figura 5 a seguir:

Figura 5 – Exemplo de como a geração distribuída pode minimizar problemas de interrupção de fornecimento de energia elétrica devido a acidentes naturais



Fonte: O SOL DIÁRIO, (2014)

### **2.13 Geração a diesel no horário de ponta**

O horário de ponta corresponde a um período de 3 horas consecutivas do dia em que o gasto de energia elétrica é maior incentivando as concessionárias a cobrar tarifas extras, ter em vista incentivar a diminuição no consumo e garantir o equilíbrio entre a oferta e a demanda de energia. Muitos clientes acabam procurando soluções para que a sua conta de energia elétrica não sofra um aumento expressivo, reduzindo o gasto de energia durante este período (PEREIRA, 2017).

Mas alguns consumidores não podem simplesmente reduzir seu gasto pois afetaria os seus resultados, por exemplo: um hospital não poderia desligar suas máquinas, porque colocaria em risco de vida seus pacientes, uma indústria não pode simplesmente reduzir seu consumo, pois afetaria seus resultados e dentre tantos outros empreendimentos também não poderiam reduzir de maneira drástica seu consumo de energia elétrica (TECNOGERA, 2014).

Para que estes consumidores não tenham que reduzir o seu gasto durante o horário de ponta e nem tenham um aumento significativo na conta de energia elétrica por conta das tarifas diferenciadas neste período, uma recurso que vem sendo amplamente utilizada é utilização de geradores à diesel no horário de ponta.

O óleo diesel é um combustível derivado do petróleo e muito utilizado no Brasil em diversas áreas como: máquinas de grande porte, locomotivas, aplicações estacionárias (como geradores elétricos), navios, e principalmente no transporte rodoviário, e por esse motivo é o combustível mais consumido no país. A escolha do diesel se deve ao fato de haver vários postos de distribuição e um baixo valor se comparado a outros combustíveis no mercado (A GERADORA, 2015).

Conforme a norma de distribuição ND 5.3 da CEMIG estabelece os requisitos mínimos para a conexão de grupos motor-geradores junto a rede de distribuição da concessionária, utilizando o sistema de transferência automática com paralelismo momentâneo Estes requisitos técnicos podem ser vistos a seguir:

O projeto deverá ser submetido à análise prévia da concessionária, que verificará a possibilidade do paralelismo, podendo, quando necessário, mediante notificação, solicitar a instalação de novos equipamentos para aumentar a credibilidade do sistema de transferência.

A concessionária permitirá o paralelismo momentâneo da rede com o gerador particular do cliente desde que não resulte em problemas técnicos e de segurança para o sistema desta concessionária, bem como para outros consumidores.

Todos os equipamentos exclusivos para instalação do sistema de paralelismo devem acatar aos requisitos mínimos relatados nesta Nota Técnica, reservando-nos o direito de solicitar a substituição ou inclusão de novos equipamentos.

Somente será permitido o paralelismo momentâneo de geradores trifásicos com frequência nominal de 60 Hz.

É de inteira responsabilidade do cliente a proteção de seus equipamentos, motivo pela qual está concessionária não se responsabilizará por eventuais danos que possam ocorrer no(s) gerador(es) do cliente ou em qualquer parte do seu sistema elétrico carecido a defeitos.

O tempo máximo de permanência do paralelismo é de 15s quando da transferência de carga entre a rede e o gerador e vice-versa.

Todos os transformadores de força utilizados na instalação devem ser conectados em triangulo no lado da Alta Tensão (AT) e em estrela no lado da Baixa Tensão (BT).

Os geradores devem ser instalados em locais, secos, ventilados, de fácil acesso para manutenção e isolados de paredes de alvenaria do local de medição ou de transformação.

O projeto da subestação primaria existente que será equipada com o sistema de paralelismo momentâneo deverá conter, além do

solicitado no livro de Instruções Gerais de Media Tensão, os seguintes dados: Desenho do local do grupo gerador; Desenho de localização do local do grupo gerador e sala de comando na planta geral da instalação; Termo de Responsabilidade conforme modelo existente no final desta Nota Técnica, com documento reconhecido em cartório; Diagrama unifilar das instalações; Diagrama funcional do sistema de paralelismo; Características dos TP's TC's e disjuntores que fazem parte do sistema de paralelismo; Memorial Descritivo; Dados do(s) gerador(es): potência dos geradores, impedância transitória e sub transitória; Apresentar ART referente ao projeto e execução; Estudo de ajustes do dispositivo de proteção.

OBS: Com exceção do Termo de Responsabilidade os demais documentos devem ser apresentados em meio digital. O interessado na implantação da central geradora deve observar e atender o requerido no Art.19, 1º e 2º da Resolução da ANEEL nº 390/2009 junto ao órgão regulador/competente.

Para eventos onde a proteção do disjuntor geral de entrada for através de relés diretos, deverão ser instalados no disjuntor de rede, os relés 50/51 de fase e de neutro, incorporados ao sistema de supervisão e proteção do paralelismo, com a finalidade de obter uma proteção e seletividade adequada da instalação. O desempenho destes relés deverá acionar o comando "desliga" do disjuntor geral de entrada e do disjuntor de rede do sistema de paralelismo. Os geradores nesses acontecimentos deverão assumir a carga total da instalação. A geração do consumidor poderá assumir totalmente ou parcialmente a carga da instalação, caso a proteção do disjuntor geral de entrada seja feita através de relés indiretos, ficando de responsabilidade civil e criminal do cliente a ocorrência eventual de qualquer acidente decorrente da interligação intencional ou não da alimentação das cargas em paralelo com o sistema distribuidor desta concessionária.

A concessionária não se responsabilizará por mudanças que tenham que ser efetuadas em instalações que forem executadas ou adicionadas sem a análise prévia do projeto da referida instalação.

O referido sistema poderá vir a contemplar temporização para aprovação do restabelecimento ativo da rede da concessionária, quando seu funcionamento for ativado por falta de tensão.

Os painéis e quadros de comando do sistema de transferência devem ser instalados preferencialmente fora do local do gerador, ou seja, em sala específica para comando.

Não apenas os requisitos mínimos anexados nesta Nota Técnica, o projeto e a instalação de grupos geradores devem observar as normas e indicações da ABNT para este tipo de instalação, bem como acatar a regulamentação exigida na NR-10.

A aprovação do funcionamento do grupo gerador pela concessionária limita-se exclusivamente, ao que se referem à instalação elétrica, incumbindo ao cliente obter as licenças de funcionamento junto aos demais órgãos públicos, como: Licenças Ambientais, Prefeituras, Corpo de Bombeiros etc.

Eventos não previstos nesta instrução deverão ser analisados de modo específico por parte do corpo técnico da concessionária.

A Norma Técnica estabelece os requisitos mínimos para a proteção do sistema, conforme pode ser visto a seguir:



O relé direcional de potência deve ser ajustado para permitir um fluxo reverso máximo de 30% da potência do(s) grupo(s) gerador(s) limitado até o valor de 500KVA, durante 500ms para a rede da concessionária, durante o período de operação em paralelo, devido a equalização de potência entre a rede e o gerador em caso de variação sensível de carga.

A capacidade de curto-circuito não poderá ultrapassar o valor de 8 KA, em nenhuma parte da rede e o gerador do consumidor operar em paralelo.

O relé de medição do ângulo de fase deverá ser ajustado entre 5° e 8°.

O rele de sobrecorrente direcional deverá ser ajustado sensivelmente a um valor suficiente para detectar falhas de corrente elétrica na rede da concessionária.

O paralelismo será permitido somente através de disjuntores supervisionados por relés de sincronismo.

Na ocorrência de uma falha de energia na rede da concessionária durante o paralelismo, o sistema deverá desligar o disjuntor de interligação e isolar o consumidor da rede, anteriormente ao religamento do circuito alimentador da concessionária.

Não será aceitado o religamento automático nos disjuntores que possam executar o paralelismo e que não sejam comandados pelo Sistema de Operação em paralelo.

Chaves seccionadoras, disjuntores ou qualquer outro equipamento de manobra que aceite o paralelismo sem supervisão do relé de sincronismo deverão possuir Intertravamento que evitem o fechamento de paralelismo por esses equipamentos.

Em nenhuma hipótese será permitido ao consumidor, energizar o circuito da concessionária quando não estiver em operação, cabendo ao consumidor total responsabilidade caso esse acontecimento venha a acontecer, não cabendo, portanto, a concessionária, nenhuma responsabilidade por eventuais prejuízos ou perdas, sejam elas materiais ou humanas.

Sobre os requisitos técnicos para inspeções e testes, conforme pode ser visto abaixo:

A execução do sistema deverá obedecer integralmente ao projeto analisado, sendo a instalação recusada caso ocorra oposição.

Deverão ser exibidos os laudos de calibração, aferição e ensaios das proteções e demais comandos do sistema de paralelismo, antes da inspeção do referido sistema, para comparar os resultados obtidos com os valores de ajustes indicados.

Serão realizadas diversas operações de entrada e saída do paralelismo para assegurar o bom desempenho do sistema, com acompanhamento de pessoal técnico da concessionária.

Serão testados e verificados todos as estruturas, equipamentos e mecanismos que compõem este sistema de paralelismo, com acompanhamento de pessoal técnico da concessionária.

É reservado a concessionária o direito de efetuar em qualquer momento, verificações nas instalações do cliente para averiguação das condições do sistema de paralelismo (ARAUJO, et al., 2017).

## 2.14 Chaves de Transferência

Toda instalação onde se utiliza o grupo motor-gerador como fonte alternativa de energia elétrica necessita, obrigatoriamente, de uma chave reversora ou comutadora de fonte. Somente nos casos onde o grupo gerador é utilizado como fonte única de energia, pode-se prescindir da utilização deste dispositivo (TECNOGERA, 2016).

As chaves de transferência têm a função de selecionar entre duas fontes; ou seja, comuta as fontes de alimentação dos circuitos consumidores, isolando o gerador da concessionária, protegendo ambas as partes caso haja alguma falta no outro sistema de fornecimento (GERAVOLT, 2017).

As chaves de transferência podem ser manuais ou automáticas com acionamento elétrico, constituídas por par de contatores ou disjuntores motorizados com comandos à distância para abertura e fechamento. A compreensão mais simples de chave reversora seria o contato reversível, conhecido como SPDT (Single Pole Double Throw) utilizado nos relés. A chave de transferência automática é como um interruptor que liga selecionando uma carga entre duas fontes (PEREIRA, 2009)

As concessionárias exigem que as chaves reversoras tenham intertravamento mecânico no caso da transferência aberta; nas chaves com acionamento elétrico é necessário o intertravamento elétrico através de contatos auxiliares. Estas precauções são necessárias pois a não utilização das chaves reversoras podem causar sérios riscos às pessoas. Os grupos motor-geradores devem ser localizados em locais arejados, protegidos do contato com pessoas leigas, principalmente crianças. Recomendam, ainda, a observância às normas técnicas, em especial a NBR-5410 da ABNT, em conformidade com o Decreto 41019 de 26/02/57 do Ministério de Minas e Energia e resolução N° 456 da ANEEL sobre as condições gerais de fornecimento de energia elétrica (CUMMINSPOWER, 2015).

## 2.15 Transferência aberta e Transferência fechada

A chave de transferência aberta é um módulo de controle que monitora a rede de forma que, uma eventual falha da concessionária, é acionada a partida dos Geradores, havendo a abertura da rede e a conexão do lado do Grupo Gerador, ou seja, na transferência aberta ocorre uma interrupção momentânea da alimentação antes que a outra fonte assuma a carga.

Este sistema é ideal para sistema de emergência, pois só é acionado após o rompimento do fornecimento de energia elétrica. Um exemplo, é a chave reversora de três posições, na qual uma posição conecta a carga intermediando na rede da concessionária, a outra posição conecta a carga ao sistema do gerador e no meio existe uma posição "off", obrigando o usuário a desligar o fornecimento antes de fazer a conexão com outra fonte de alimentação (TECNOGERA, 2016).

Figura 6 - Chave reversora de três posições



Fonte: TECNOGERA, (2016)

A chave de transferência fechada tem um comutador com capacidade de transferir a carga de uma fonte para a outra através de paralelismo momentâneo das duas fontes durante o período de transferência, ou seja, o fornecimento do gerador é momentaneamente ligado em paralelo com a fonte da rede da concessionária. Esta manobra requer autorização da concessionária e exige alguns requisitos técnicos, conforme já visto anteriormente no item 2.13.

A transferência fechada pode ser realizada com rampa de carga, na qual a carga é transferida da rede da concessionária para os grupos motor-geradores e vice-versa de forma gradual.

Este sistema é ideal para serviços de exigências críticas de alimentação, incluindo hospitais e data centers (CUMMINSPOWER, 2015).

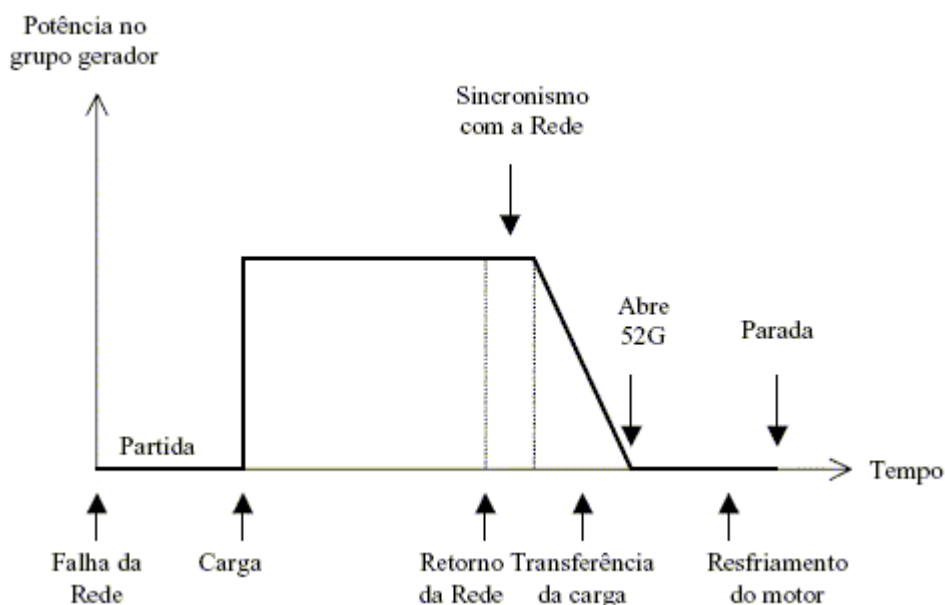
## 2.16 Transferência com rampa de carga

A transição com rampa de carga é feita na condição de transferência, em paralelo com a rede, num determinado período de tempo. Por meio de transformadores de corrente, o sistema deve monitorar a energia circulante e atuar sob o sistema de combustível do motor (BLASKOWSKI; SIQUEIRA, 2014).

A sincronização do grupo gerador com a rede é feita através de um sincronizador automático, controlando a tensão e frequência de fases do grupo gerador. Após o sincronismo, é feito o comando de fechamento das chaves de paralelismo e a transferência de carga é feita de forma gradual (GERAVOLT, 2017).

Na figura 7, a seguir é possível verificar a sequência de ações que aconteceria no caso de grupos geradores de um sistema de emergência atuando numa falta de energia elétrica na rede da concessionária no caso de geradores de um sistema de emergência atuando numa falta da rede da concessionária.

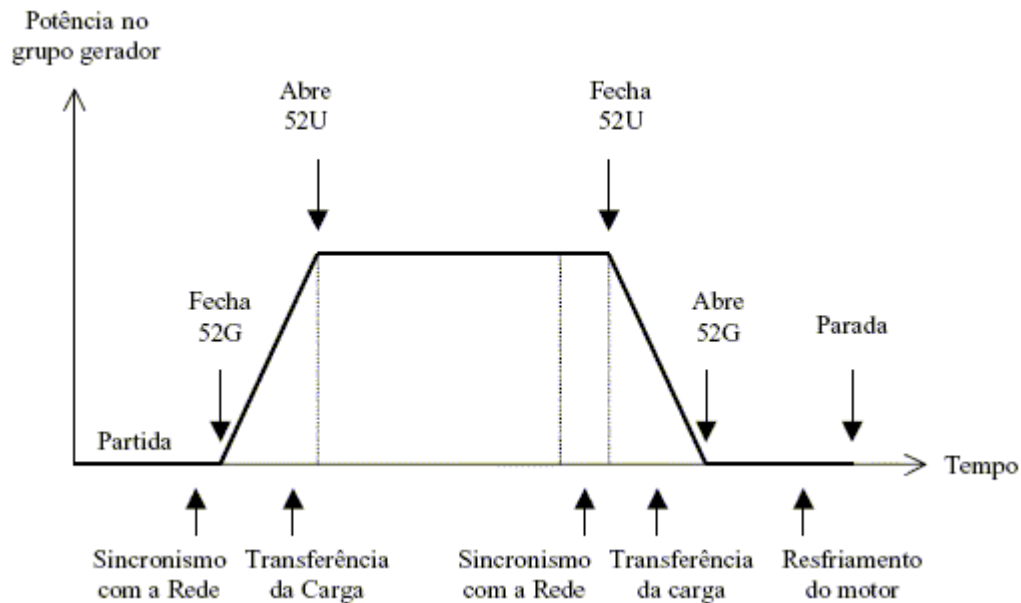
Figura – 7 Transferência com rampa de carga- Grupo gerador de emergência



Fonte: CUMMINS, (2017)

A figura 8, ilustra a sequência de ações que ocorreria no caso de uma transferência com rampa de carga programada; como, por exemplo, no horário de ponta.

Figura – 8 Transferência com rampa de carga – grupo gerador no horário de ponta



Fonte: CUMMINS, (2017)

## 2.17 Conversão Eletromecânica de Energia

A conversão eletromecânica de energia consiste na troca de energia entre um sistema elétrico e um sistema mecânico, através de um campo magnético de acoplamento. Quando a energia mecânica é convertida em energia elétrica, o dispositivo é chamado de gerador; já quando a energia elétrica é convertida em energia mecânica, o dispositivo é chamado de motor. Este processo é essencialmente reversível. Além disso, quando o sistema elétrico é energizado com corrente alternada, os dispositivos são chamados de motores ca e geradores ca.

Quando o sistema elétrico é energizado com corrente contínua, os dispositivos são chamados de motores cc e geradores cc. Estes dispositivos de conversão eletromecânica também podem ser chamados de máquinas elétricas (CAMARGO, 2007).

As grandezas fundamentais no sistema mecânico são o torque e a velocidade; já no sistema elétrico são a corrente e a tensão.

O processo de conversão elétrica em energia mecânica é exemplificado da seguinte maneira, demonstrando o princípio de funcionamento de um motor elétrico: quando uma corrente circula através de condutores inseridos num campo magnético, uma força é produzida em cada condutor; de forma que se estes condutores estiverem numa estrutura que seja livre para girar, resulta num torque eletromagnético, que gira a uma velocidade angular. No caso de um gerador, o processo é inverso: o rotor (elemento que gira) é acionado por uma força motriz (motor à diesel, turbina a vapor etc), causando o aparecimento de uma força induzida e nos terminais do enrolamento de armadura. Com a aplicação de uma carga elétrica a estes terminais, ocorre uma circulação de corrente  $i$ , entregando potência elétrica à carga.

O processo de conversão de energia evolui duas características importantes num dispositivo eletromecânico: o enrolamento de campo, que produz a densidade de fluxo, e o enrolamento de armadura, no qual a fem de trabalho é induzida (VILLAR, 2006).

## 2.18 Maquinas elétricas

As maquinas elétricas podem ser classificadas em síncronas ou assíncronas, o que as define é o sincronismo em relação da sua velocidade de rotação com a frequência; as máquinas síncronas funcionam com a velocidade de rotação constante sincronizada com a frequência da tensão elétrica alternada, ou seja, com a frequência da rede, aplicada aos terminais da mesma, funcionando em sincronismo entre o campo do rotor e do estator.

As maquinas assíncronas também conhecidas como de indução, tem o funcionamento distinto as maquinas síncronas, nas maquinas assíncronas a sua velocidade não é proporcional à frequência da rede, ou seja, não está em sincronismo com a alimentação, o rotor não é excitado pelo estator; devido ao fator escorregamento, a velocidade do rotor é menor que a do campo girante, ou seja, o rotor funciona em atraso em relação à frequência de alimentação (GOZZI et al., 2011).

## 2.19 Máquinas síncronas

Conforme já dito anteriormente, as máquinas síncronas tem a velocidade de rotação em sincronismo com a frequência de alimentação, relacionando-se com o número de pares de polos.

O conjunto do estator consiste em uma carcaça do estator, é um núcleo do estator com ranhuras e que ajusta um caminho de baixa relutância para o fluxo magnético, e um enrolamento trifásico inserido nas ranhuras.

O rotor é construído com um enrolamento distribuído, ou tem polos salientes, com uma bobina enrolada em cada perna. A construção cilíndrica é usada quase exclusivamente para turbogeradores, que operam em altas velocidades. Por outro lado, a construção com polos salientes é usada exclusivamente para motores síncronos operando em velocidades até 1800 rpm.

As máquinas síncronas podem ser classificadas de acordo com o tipo de rotor, tipo de acionamento do eixo do rotor e por fim quanto ao número de fases (REIS, 2014).

## 3 ESTUDO DE CASO

### 3.1 Caracterização do estabelecimento alvo do Estudo de Caso

Para o desenvolvimento do Estudo de Caso do presente trabalho, primeiramente foi estimado um perfil de um supermercado de médio porte. O estabelecimento está situado no município de Patos de Minas-MG, no qual o fornecimento de energia elétrica é feita pela concessionária CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais).

A demanda contratada é igual a 200 quilowatts, definida após um estudo do perfil da carga, e o fornecimento de energia elétrica é em média tensão (13.8 KV). Pode-se verificar que este tipo de consumidor encaixa-se na categoria A4.

O estabelecimento conta com um transformador de 300 KVA que transforma a energia elétrica de média tensão (13.8 KV) em baixa tensão (380V-220V) para todas as carga do estabelecimento.

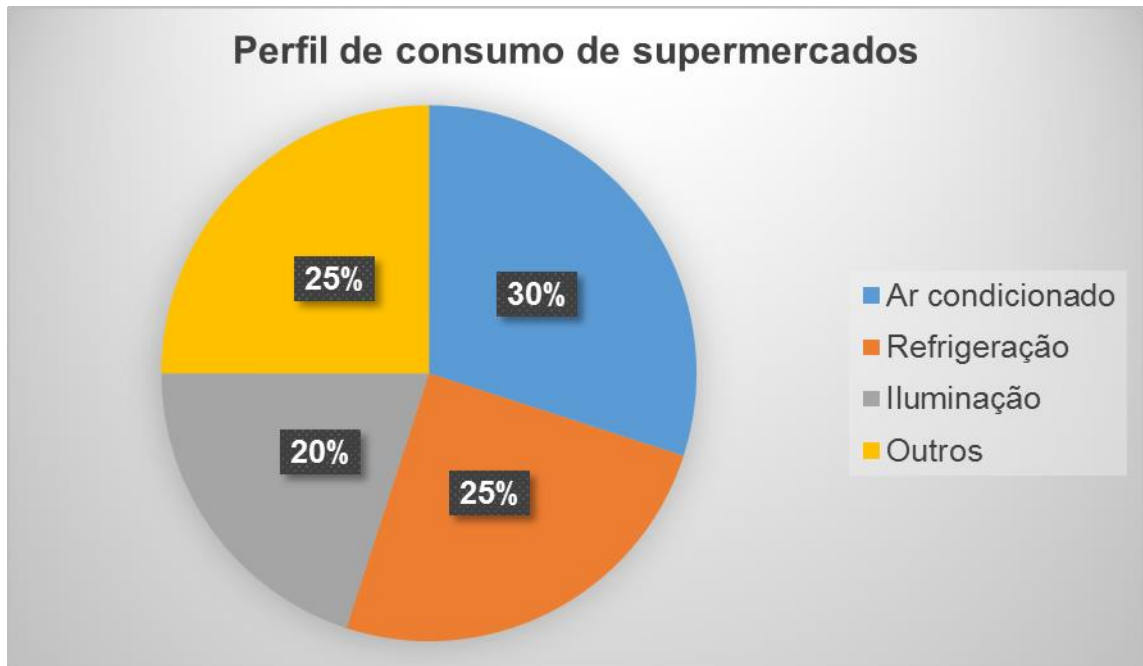
Para a conexão dos geradores no sistema de distribuição sem que haja nenhum paralelismo indevido dos geradores com a rede de fornecimento, é necessária a implementação de um sistema de sincronismo rede-gerador momentâneo que atendam às instruções específicas da concessionária para este tipo de conexão, conforme já visto no capítulo anterior no item 2.13.

A transferência é fechada, com paralelismo momentâneo de no máximo 15 segundos, de acordo com as exigências da concessionária; e a transferência é feita com rampa de carga, para que o momento de intervalo que o fornecimento será interrompido não afete os equipamentos do supermercado.

Este tipo de consumidor possui uma demanda e um consumo elevado por conta da presença de especificidades deste setor; tais como: grandes geladeiras, freezers câmaras frias, ar condicionado e requisitos especiais para iluminação e tomadas.

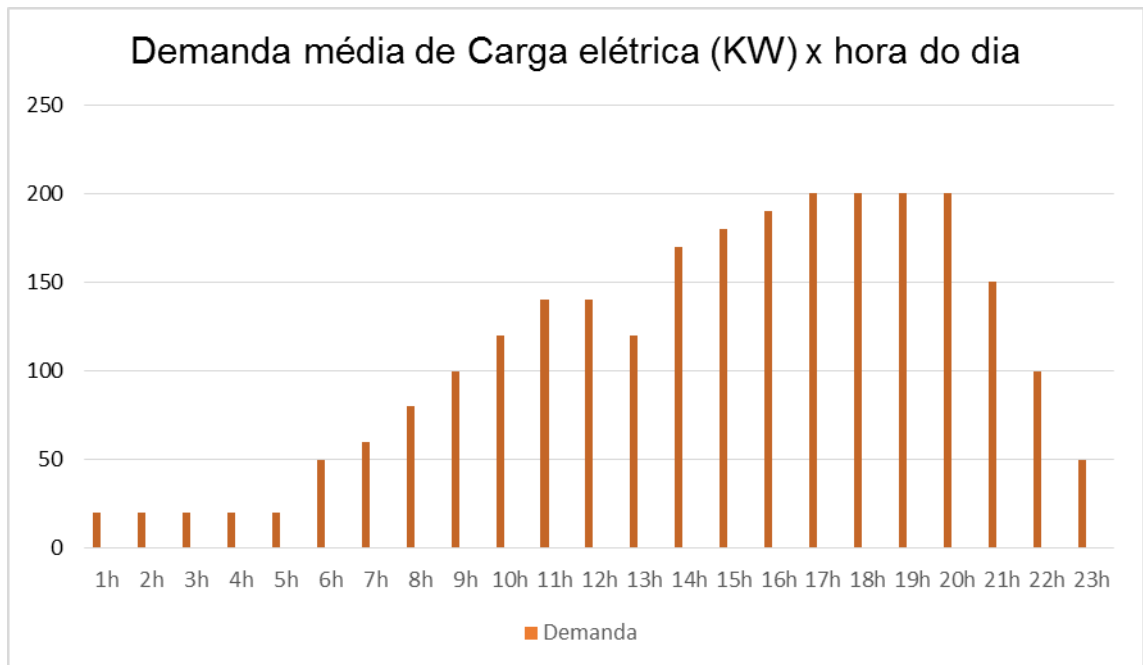


Figura 9 – Perfil de consumo – Supermercado



Fonte: Elaborado pelo autor, (2017)

Figura 10 – Perfil de carga – Supermercado



Fonte: Elaborado pelo autor, (2017)

Pode-se verificar pela figura 10 que a demanda máxima exigida pelo consumidor ocorre no período entre 17h e 20h, tem o valor de 200 KW. Portanto, este seria o valor da demanda elétrica contratada junto a concessionária.

Considerando que o mês possui 30 dias (sendo 22 dias úteis) e um ano possui 365 dias, chega-se nos seguintes resultados:

- Demanda elétrica contratada na Ponta: 200 KW
- Demanda elétrica contratada Fora da Ponta: 170 KW
- Consumo elétrico na Ponta: 13.200 KWh/mês (158.400 KWh/ ano)
- Consumo elétrico Fora da Ponta: 77.572 KWh/mês (930.864 KWh/ ano)

Pode-se concluir também, que a demanda máxima atingida ocorre justamente durante o período considerado horário de ponta pela concessionária, o que reforça a necessidade de um estudo sobre a utilização de alternativas para o consumo durante este período, visto que a cobrança na parcela da demanda que superar o valor da demanda contratada chega a ser de 3 vezes maior do que a tarifa normal.

Como base de preço do diesel para distribuição, foi consultada a tabela de preços das últimas 4 semanas no site da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Os valores podem ser vistos na Tabela 3.1.

Tabela 3 – Diesel – Tabela de Preços – Minas Gerais – últimas 4 semanas

Município	Semana	Preço Médio	Desvio Padrão	Preço Mínimo	Preço Máximo
Patos de Minas	24/07/2017 a 30/07/2017	2,911	0,069	2,888	3,097
Patos de Minas	31/07/2017 a 06/08/2017	2,941	0,067	2,888	3,098
Patos de Minas	07/08/2017 a 13/08/2017	2,997	0,079	2,889	3,099
Patos de Minas	14/08/2017 a 20/08/2017	2,998	0,079	2,890	3,099

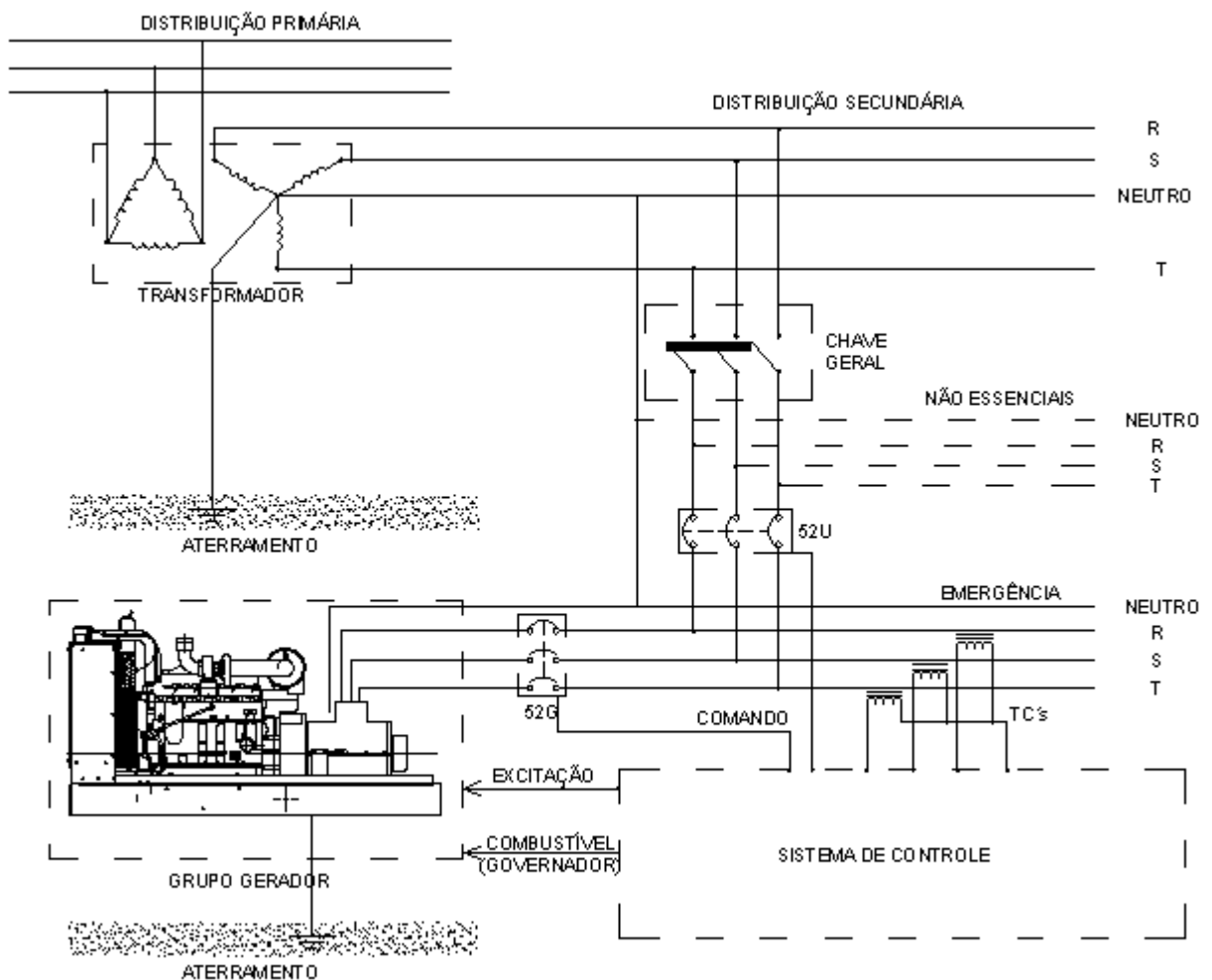
Fonte: ANP, (2017)

No esquemático unifilar visto na Figura 11, é demonstrado a configuração utilizando 1 grupo gerador de 325/360 KVA (já instalado para funcionar no horário de ponta e em falta de energia elétrica da concessionária). O gerador é interligado na USCA (Unidade de Supervisão de Corrente Alternada), a qual é responsável por colher informações da rede como corrente e tensão e partir o grupo gerador, colocando-o em sincronismo com a rede e concretizando a transferência em rampa

a partir do QTA (Quadro de Transferência Automático), no caso de eventos programados como no horário de ponta por exemplo e em falhas na rede.

O QTA possui disjuntores motorizados controlados por um sistema de paralelismo e transferência, o que garante que o fornecimento de energia elétrica para as cargas origina-se exclusivamente de uma fonte por vez exceto no período do paralelismo momentâneo.

Figura 11 – Esquemático unifilar – Grupo Gerador 325/360 KVA



Fonte: joseclaudiopereira.eng.br, (2016)

### 3.2 Execução do estudo de viabilidade

Após todas as considerações apresentadas na tabela 3, é possível desenvolver o estudo de viabilidade a partir da utilização do uso de geração à diesel em horário de ponta em um supermercado de médio porte localizado em Patos de Minas-MG, área de concessão de fornecimento de energia elétrica da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais).

Primeiramente, verifica-se qual o enquadramento tarifário economicamente mais vantajoso para o estabelecimento; em seguida, é feita uma comparação entre as opções possíveis de combinação dos grupos geradores para finalmente, calcular-se a viabilidade econômica.

Para calcularmos a conta de energia elétrica, utilizaremos as tarifas aplicadas pela concessionária para os subgrupos A4, nas modalidades THS – Azul e THS – Verde, conforme demonstrado no Quadro 3.1

Quadro 4 – Tarifas aplicadas subgrupo A4 – Cemig

MODALIDADE TARIFÁRIA	SUBGRUPOS		
	A4 (2,3 a 25KV)		SECO
	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)		Tarifa Energia (TE)
	Demanda (R\$/KW)	Energia (R\$/KWh)	Energia (R\$/KWh)
<b>TARIFA HOROSAZONAL AZUL</b>			
	Demanda (R\$/KW)	Energia (R\$/KWh)	(TE) Energia (R\$/KWh)
PONTA	34,21	0,42390	0,42390
FORA DE PONTA	11,05	0,29817	0,29817
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA NA PONTA	68,34	–	–
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA FORA DE PONTA	22,10	–	–

ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	-
<b>TARIFA HOROSAZONAL VERDE</b>			
	Demanda (R\$/KW)	Energia (R\$/KWh)	(TE) Energia (R\$/KWh)
PONTA	11,05	1,25261	1,25261
FORA DE PONTA	11,05	0,29817	0,29817
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA NA PONTA	22,10	-	-
ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	

Fonte: CEMIG, (2017)

A partir destas tarifas, verifica-se o enquadramento tarifário mais vantajoso para o estabelecimento, calculando-se o valor da conta de energia elétrica para as modalidades tarifárias horo-sazonal Azul e Verde nas condições atuais das instalações elétricas do estabelecimento; ou seja, sem a utilização da geração diesel no horário de ponta, conforme pode ser visto na Tabela 4 e na Tabela 5. Mais uma vez, considerando que o mês possui 30 dias (sendo 22 dias úteis).

Tabela 4 – Cálculo conta de energia elétrica – THS Azul – sem geração na Ponta

Subgrupo A - Azul	Custos sem impostos	Demanda (KW)	Consumo (KWh)	Custos (R\$)
Demanda na Ponta	R\$ 34,21 KW	200	-	R\$ 6.842,00
Demanda Fora Ponta	R\$ 11,05 KW	170	-	R\$ 1.878,50
Consumo mês HP KWh	R\$0,4239KW	-	13.200	R\$ 5.595,48
Consumo mês HFP KWh	R\$0,2981KW	-	77.572	R\$ 23.124,21
Tarifa-Bandeira Vermelha	R\$0,030/KW	-	-	
Fatura mensal s/impostos	-----	-----	-----	R\$ 37.440,19
PIS, PASEP, COFINS				5,5%
ICMS				25,0%
Total mensal C/Impostos	-----	-----	-----	R\$ 48.859,44

Fonte: Elaborado pelo autor, (2017)

Tabela 5 – Cálculo conta de energia elétrica – THS Verde – sem geração na Ponta

<b>Subgrupo A - Verde</b>	<b>Custo sem impostos</b>	<b>Demanda (KW)</b>	<b>Consumo (KWh)</b>	<b>Custos (R\$)</b>
Demanda Única	R\$ 11,05 KW	200	-	R\$ 2.210,00
Consumo mês HP KWh	R\$ 1,25 KW	-	13.200	R\$ 16.534,32
Consumo mês HFP KWh	R\$ 0,29 KW	-	77.572	R\$ 23.124,21
Tarifa-Bandeira Vermelha	R\$ 0,030/KW	-	-	
Fatura mensal s/impostos	-----	-----	-----	R\$ 41.868,53
PIS, PASEP, COFINS				5,5%
ICMS				25,0%
Total mensal C/Impostos	-----	-----	-----	R\$54.638,44

Fonte: Elaborado pelo autor, (2017)

Comparando-se as duas tabelas, é possível concluir que caso o supermercado não considere a opção de utilizar geração à diesel no horário de ponta, a modalidade tarifária que é a mais vantajosa é a THS-Azul, a qual considera valores distintos entre demanda na ponta e fora da ponta, e consumo na ponta e fora da ponta. Cabe agora a decisão da combinação do grupo gerador que teria o melhor retorno

Para se chegar a melhor combinação do grupo gerador, é feito cálculos a partir da carga do estabelecimento. Para tanto, ao utilizar grupos geradores de vários modelos e de várias cargas facilmente encontrados no mercado nacional.

Para solucionar alguns problemas com aumento de carga e também para uma maior vida útil do grupo gerador, é implantado um gerador com carga acima da carga do estabelecimento.

Após análise da demanda de carga do supermercado, definiu-se utilizar um grupo gerador de 325/360 KVA, 300 KW, carenado com abafador de 85 decibéis e funcionar com aproximadamente 60% de sua capacidade.

A tabela 5 mostra uma comparação levando em consideração o custo total anual de energia elétrica sem geração na ponta e o custo dos investimentos que são feitos para a implementação do sistema de geração na ponta.

O cálculo da conta de energia elétrica foi baseado nas tarifas cobradas pela concessionária demonstrados no Quadro 3.1, considera-se que o enquadramento

tarifário mais vantajoso para este consumidor é a THS-Verde considerando a utilização do grupo motor-gerador, e considerando o sistema tarifário atualmente de bandeira Vermelha, sendo cobrado o valor de R\$ 0,030 por KWh consumido.

Para o cálculo do custo do consumo de diesel, é consultado o catálogo do fabricante, o grupo gerador de 325/360 KVA equipado com motor diesel consome aproximadamente 30 litros de diesel para cada hora de funcionamento. Utilizando o valor médio do diesel mostrado na Tabela 3, é possível calcular o custo total anual do consumo de diesel, considerando a geração no horário de ponta. Para calcularmos o consumo mensal do diesel, é necessário os seguintes cálculos: multiplica-se a quantidade de diesel consumida pelo gerador a cada hora por três, o valor encontrado é multiplicado pelo valor do litro diesel, o valor encontrado é multiplicado por 22 (dias), obtém-se o valor mensal de custo com o diesel, de R\$ 5.343,03.

Para o cálculo de investimentos, dividimos a vida útil do gerador, sendo de 20.000 horas, por horas trabalhadas (mês) sendo de 66 horas, o valor encontrado é dividido pelo valor de aquisição do gerador, sendo este valor R\$ 488,50. Para calcularmos o custo total com o gerador, soma-se, o custo total do diesel, o investimento e o custo com manutenção, sendo este valor R\$ 6.031,53

Baseado numa proposta comercial de fornecimento de grupo gerador e todos os equipamentos necessários para controle, proteção, sincronismo, paralelismo na rede e abastecimento do sistema de combustível, calcula-se o custo por KW necessário a implementação do sistema de geração à diesel por KW instalado. A partir dessa proposta comercial, é possível calcular o custo de operação e manutenção do sistema, ao diminuirmos o valor da tarifa da concessionária em KWh com impostos inclusos, pelo valor do KWh do gerador, sendo este valor R\$ 0,89 por KWh instalado. O valor de manutenção a cada 200 horas, é de, R\$ 1.480,00.

O cálculo para obtermos o valor da economia mensal foi obtida após diminuirmos o valor da tarifa verde pelo valor da mesma sem o horário de ponta, sendo este valor R\$ 11.100,00. O valor encontrado é subtraído pelo custo diesel (mês) com o gerador, obtemos uma economia de R\$ 5.657,00.

O cálculo para saber o tempo de retorno da implementação do grupo gerador é feita da seguinte forma: divide-se o valor da aquisição e instalação do grupo gerador e equipamentos, pela economia mensal final, obtém-se o tempo de retorno do equipamento.

Tabela 6 – Cálculo conta de energia elétrica – THS Azul – com geração na Ponta

<b>Subgrupo A - Verde</b>	<b>Custo sem impostos</b>	<b>Demanda (KW)</b>	<b>Consumo (KWh)</b>	<b>Custos (R\$)</b>
Demanda Única	R\$ 11,05 KW	200	-	R\$ 2.210,00
Custo gerador (mês) HP	R\$ 0	-	13.200	R\$ 6.031,00
Consumo mês HFP KWh	R\$ 0,29 KW	-	77.572	R\$ 23.124,21
Fatura mensal s/impostos	-----	-----	-----	R\$ 37.875,00
PIS, PASEP, COFINS				5,5%
ICMS				25,0%
Total mensal C/Impostos	-----	-----	-----	R\$49.468,00

Fonte: Elaborado pelo autor, (2017)

Tabela 7 – Cálculo conta de energia elétrica – THS Verde – com geração na Ponta

<b>Subgrupo A - Verde</b>	<b>Custo sem impostos</b>	<b>Demanda (KW)</b>	<b>Consumo (KWh)</b>	<b>Custos (R\$)</b>
Demanda Única	R\$ 11,05 KW	200	-	R\$ 2.210,00
Custo Gerador (mês) HP	R\$ 0	-	13.200	R\$ 6.031,00
Consumo mês HFP KWh	R\$ 0,29 KW	-	77.572	R\$ 23.124,21
Fatura mensal s/impostos	-----	-----	-----	R\$ 31.365,00
PIS, PASEP, COFINS				5,5%
ICMS				25,0%
Total mensal C/Impostos	-----	-----	-----	R\$40.931,00

Fonte: Elaborado pelo autor, (2017)

Tabela 8 – Comparação – THS Azul e Verde - Sem geração e Com geração

<b>Tarifas</b>	<b>Azul S/ geração</b>	<b>Verde S/ geração</b>	<b>Azul com geração</b>	<b>Verde com geração</b>
Demanda (KW) HP	R\$ 6.842	R\$ 2.210	R\$ 6.842	R\$ 2.210
Demanda (KW) HFP	R\$ 1.878	R\$ 0	R\$ 1.878	R\$ 0
Consumo mês HP	R\$ 5.595	R\$ 16.534	R\$ 0	R\$ 0
Consumo mês HFP	R\$ 23.124	R\$ 23.124	R\$ 23.124	R\$ 23.124
<b>Custo Gerador (mês)</b>	—	—	R\$ 6.031	R\$ 6.031
<b>Custo mensal s/impostos</b>	R\$ 37.440	R\$ 41.868	R\$ 37.875	R\$ 31.365
<b>Total mensal c/impostos</b>	R\$ 49.859	R\$ 54.638	R\$ 49.468	R\$ 40.931

Fonte: Elaborado pelo autor, (2017)



Tabela 9 – Comparação – opções de geração na ponta

<b>Energia Elétrica</b>	<b>Sem geração na ponta</b>	<b>Com geração na ponta</b>
<b>Energia Elétrica</b>	<b>Subgrupo A4 Tarifa Verde</b>	<b>Subgrupo A4 Tarifa Verde</b>
Demanda KWh Única	200	200
Custo Específico (R\$/KWh) - C/ Impostos	R\$ 1,7610	R\$ 0,89
Custo mensal (R\$/KWh) – C/ Impostos	R\$ 54.638	R\$ 31.365
<b>Custo anual Total de Energia Elétrica</b>	<b>R\$655.656</b>	<b>R\$376.380</b>

<b>Custo Operacional</b>	<b>Sem geração na ponta</b>	<b>Com geração na ponta</b>
Custo mensal Total de Energia Elétrica	R\$ 54.638	R\$ 31.365
Custo diesel mês (consumo 25,7L/hora)		
+ Manutenção e depreciação	R\$ 0	R\$ 6.031
<b>CUSTO OPERACIONAL TOTAL</b>	<b>R\$ 0</b>	<b>R\$ 6.031</b>
<b>ECONOMIA OPERACIONAL TOTAL</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>8%</b>

<b>Investimentos</b>	<b>Sem geração na ponta</b>	<b>Com geração na ponta</b>
Aquisição e instalação do Grupo Gerador e equipamentos	R\$ 0	R\$148.000,00
<b>INVESTIMENTO TOTAL</b>	<b>R\$ 0</b>	<b>R\$148.000,00</b>
<b>PAYBACK SIMPLES (anos)</b>	<b>-</b>	<b>2,8</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, (2017)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.3 Análise dos resultados obtidos

. Caso considere a opção de utilizar geração à diesel no horário de ponta a modalidade que é a mais vantajosa é a THS-Verde. Após análise dos resultados demonstrados na Tabela 7, pode-se verificar que as soluções apresentadas são vantajosas, e economicamente viável ao supermercado, sendo a opção de 1 grupo

motor-gerador de 325/360 KVA com rampa de carga, contratando a tarifa verde da concessionária CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) para suprir a demanda de energia elétrica necessária para suas atividades. Esta opção oferece um payback de 2 anos e três meses, e se incluirmos a manutenção e depreciação, este payback passa a ser de 2 anos e oito meses.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização de geração à diesel no horário de ponta, com o intuito de proporcionar uma solução para que um supermercado não tenha um aumento expressivo em sua conta de energia elétrica, visto as tarifas diferenciadas que as concessionárias estão autorizadas a cobrar atualmente.

Pela natureza de suas atividades, um supermercado não pode simplesmente diminuir seu consumo de energia, pois afetaria de forma expressiva seus resultados econômicos, podendo até prejudicar a qualidade de seus produtos. A melhor opção encontrada é a de utilizar um grupo motor-gerador de 325/360 KVA.

Pode-se calcular que o retorno do investimento nesta solução se daria em menos de 3 anos; o que justifica o investimento, pois se todas as manutenções forem feitas corretamente, a vida útil de um gerador é de 20.000 horas, ou aproximadamente 25 anos.

A solução apresentada não serve para qualquer empreendimento, deve-se fazer uma análise detalhada para cada caso, com suas determinadas demandas e consumos. Deve-se consultar normas ambientais por motivo de manuseio com óleo diesel. O estudo de implementação do gerador à diesel se dá pelo perfil analisado neste caso, onde inviabiliza-se técnica e economicamente, implantação de outras fontes alternativas mais limpas, como por exemplo energia fotovoltaica.

A partir do 3º ano, o supermercado evitará desperdícios consideráveis com custos de energia elétrica. Além da solução apresentada, outras podem ser citadas para a economia de energia; entre elas alguns exemplos são:

- A implantação de um sistema de cogeração;
- A melhoria na eficiência dos equipamentos elétricos (de ar condicionado e freezer por exemplo);

- Um plano de conscientização dos funcionários para a economia de energia;
- A substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas de led.

## REFERÊNCIAS

TOLMASQUIM, A., et al. **Projeção da demanda de energia elétrica (2016-2020)**. (2015) Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos>> Acesso em 05 de Maio de 2017.

SILVA, G., et al. **Alternativas Energéticas uma visão cemig**. (2012) Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/Inovacao/AlternativasEnergeticas>> Acesso em 08 de Maio de 2017.

TECNOGERA. **Sobre os geradores**. (2014) Disponível em: <<http://www.tecnogera.com/blog/voce-sabe-o-que-sao-geradores>> Acesso em 10 de Maio de 2017.

A GERADORA. **História dos geradores**. (2015) Disponível em: <<https://www.ageradora.com.br/>> Acesso em 11 de Maio de 2017.

ELETROBRAS. **Energia**. (2016) Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/Paginas/Uso-Eficiente-da-Energia.aspx>> Acesso em 15 de Maio de 2017.

TECNOGERA. **ENERGIA**. (2016) Disponível em: <<http://www.tecnogera.com/blog/geradores>> Acesso em 17 de Maio de 2017.

TORO, V. del; M, Onofre de Andrade. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013. 550 p.

MAMEDE FILHO, Joao. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: Gen Ltc, 1986. 666 p. Reimpressões 2011 e 2012.

TECNOGERA. **Potência Aparente**. (2014) Disponível em: <<http://www.tecnogera.com/blog/geradores>> Acesso em 06 de Maio de 2017.

ROCHA, L. R. **Manual de Gerenciamento de Energia**. (2011) Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/ptbr/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/sustentabilidade/nossos\\_programas/Eficiencia\\_Energetica/Documents/MANUAL%20DE%20GERENCIAMENTO%20DE%20ENERGA%202011\\_BAIXA\\_16-01\\_LOS%20\(2\).pdf](https://www.cemig.com.br/ptbr/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Eficiencia_Energetica/Documents/MANUAL%20DE%20GERENCIAMENTO%20DE%20ENERGA%202011_BAIXA_16-01_LOS%20(2).pdf)> Acesso em 20 de Maio de 2017.

ENGELETRICA. **Manual de correção do fator de potência**. (2016) Disponível em: <<http://www.engeletrica.com.br/fatordepotencia-manual-fatordepotencia.html>> Acesso em 22 de Maio de 2017.

CEMIG. **Demanda e Consumo**. (2017) Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/pt-br/energia\\_e\\_voce/Paginas/.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/energia_e_voce/Paginas/.aspx)> Acesso em 24 de Maio de 2017.

COPEL. **Demanda e Consumo**. (2016) Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2Fb2f4a2f0687eb6cf03257488005939b9>>. Acesso em 25 de Maio de 2017.

CEMIG. **Horário de Verão**. (2016) Disponível em: <[https://www.cemig.com.br/pt-br/energia\\_e\\_voce/Paginas/horario\\_de\\_verao.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/energia_e_voce/Paginas/horario_de_verao.aspx)> Acesso em 28 de Maio de 2017.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Horário de Verão**. (2017) Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/horario-verao.htm>> Acesso em 30 de Maio de 2017.

ANEEL. **Horário de Verão**. (2016) Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>> Acesso em 01 de Junho de 2017.

O GLOBO. **Brasil enfrenta pior crise energética da história**. (2015) Disponível em: <<http://noblato.globo.com/geral/noticia/2015/01/brasil-enfrenta-pior-crise-energetica-da-historia.html>> Acesso em 07 de Junho de 2017.

ANEEL. **Bandeira Tarifaria.** (2017) Disponível em:  
<<http://www.aneel.gov.br/tarifas>> Acesso em 10 de Junho de 2017.

CEMIG. **Bandeira Tarifaria.** (2016) Disponível em:<[https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras\\_tarif%C3%A1rias.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras_tarif%C3%A1rias.aspx)> Acesso em 13 de Junho de 2017.

BLOG INFOPETRO. **Geração Distribuída.** (2017) Disponível em:  
<<https://infopetro.wordpress.com/2017/05/29/da-geracao-centralizada-a-geracao-distribuida-questoes-que-exigirao-uma-coordenacao-centralizada/>> Acesso em 17 de Junho de 2017.

CEMIG. **Geração distribuída.** (2016) Disponível em:<[https://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/sustentabilidade/Paginas/Geracao-Distribuida.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/Paginas/Geracao-Distribuida.aspx)>  
Acesso em 21 de Junho de 2017.

PEREIRA, J. C. **Eng.Br. Geração distribuída.** (2017) Disponível em:  
< <http://www.joseclaudio.eng.br/energia/ATS.html>> Acesso em 26 de Junho de 2017.

ARAUJO, D. G. **Norma de Distribuição ND 5.3** (2017) Disponível em:  
[https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/nd5\\_3\\_000001p.pdf](https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/nd5_3_000001p.pdf)> Acesso em 30 de Junho de 2017.

TECNOGERA. **Chaves de transferência.** (2016) Disponível em:  
:<<http://www.tecnogera.com/blog/geradores>> Acesso em 05 de Julho de 2017.

PEREIRA, J. C. **Chaves de transferência.** (2009) Disponível em:  
<[www.joseclaudio.eng.br](http://www.joseclaudio.eng.br)> Acesso em 26 de Junho de 2017.

CUMMINSPOWER **Chaves de transferência aberta e fechada.** (2015) Disponível em:

<[http://cumminspower.com.br/pdf/chaves/S-1270-PT\(BR\).pdf](http://cumminspower.com.br/pdf/chaves/S-1270-PT(BR).pdf)> Acesso em 08 de Julho de 2017.

BLASKOWSKI, D; SIQUEIRA, E.S. **INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SISTEMAS DE ENERGIACOM DEMANDAS CRÍTICAS ENFOCANDO A FONTE CONCESSIONÁRIA E CONVERSORES DE ENERGIA.** (2014) – Curitiba-PR

GERAVOLT. **Chaves de transferência.** (2017) Disponível em:  
:<<http://www.geravolt.com.br/geradores>> Acesso em 10 de Julho de 2017.

CAMARGO, I. **CONVERSÃO ELETROMECAÂNICA DE ENERGIA.** (2007) Disponível em:<[http://www.gsep.ene.unb.br/osem/ivan/Conversao%20de%20Energia/CONVERS%C3O%20DE%20ENERGIA\\_v1.pdf](http://www.gsep.ene.unb.br/osem/ivan/Conversao%20de%20Energia/CONVERS%C3O%20DE%20ENERGIA_v1.pdf)> Acesso em 12 de Julho de 2017.

VILLAR, G.J. **CONVERSÃO ELETROMECAÂNICA DE ENERGIA.** (2006) Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-acionamentos-eletricos/apostila-de-maquinas-de-cc-1>> Acesso em 16 de Julho de 2017.

GOZZI, J. et al. **MAQUINAS ELÉTRICAS.** (2011) Disponível em:  
<<http://eletro.g12.br/arquivos/materiais/eletrodnic3.pf>> Acesso em 25 de Julho de 2017.

REIS, L. B. dos. **GERAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA.** 2. ed. São Paulo: Manole Ltda, 2015. 460 p

FAGUNDES, S.M. **GERADORES SÍNCRONOS.** (2003) Disponível em:  
<[http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/prioste/materiais/A5\\_GEE\\_Haffner\\_Saimon.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/prioste/materiais/A5_GEE_Haffner_Saimon.pdf)> Acesso em 10 de Agosto de 2017.

E.FITZGERALD, Arthur; KINGLEY JUNIOR, Charles; UMAN, Stephen D. **MAQUINAS ELETRICAS: COM INTRODUÇÃO A ELETRONICA DE POTENCIA.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 648 p. REIMPRESSÃO 2008.